

P2004,0009

10/584374

IAP20 Rec'd PCT/PTO 23 JUN 2006

### Beschreibung

#### Duplexer mit niedriger Bauhöhe

Ein Duplexer ist eine Frequenzweiche zur Trennung der Empfangs- und Sendesignale eines bestimmten Frequenzbandes eines Datenübertragungssystems, wobei die Datenübertragung in beide Richtungen über eine gemeinsame Antenne erfolgt. Ein Duplexer weist in jedem Signalpfad i. d. R. ein Bandpaßfilter, z. B. ein mit akustischen Wellen arbeitendes Filter oder ein Filter, das aus mehreren elektrisch und mechanisch miteinander verbundenen dielektrischen Resonatoren besteht. Der Duplexer gewährleistet dabei, daß sich die Pfade wechselseitig nicht beeinflussen und beispielsweise ein Sendesignal (TX Signal) nicht in den Empfangspfad (RX Pfad) einkoppelt.

Ein bekanntes Mikrowellenkeramik-Filter besteht aus zumindest einem Resonator, der in einem dielektrischen keramischen Grundkörper ausgebildet ist. Dazu weist der Grundkörper zumindest eine Bohrung auf, deren Innenwände metallisiert sind. Auch die Außenwände des keramischen Grundkörpers sind mit Ausnahme einer Stirnfläche metallisiert und an der Kurzschlußseite, die der nicht metallisierten Stirnfläche gegenüberliegt, mit der metallisierten Bohrung kontaktiert. Galvanisch von der Außenmetallisierung getrennt befinden sich an der Unterseite oder an einer Seitenfläche elektrische Anschlußflächen, die direkt oder indirekt zur kapazitiven Ankopplung an die metallisierte Bohrung, die den eigentlichen Resonator darstellt, dienen.

Mikrowellenkeramik-Filter haben den Vorteil, daß sie vergleichsweise einfach entworfen und kostengünstig hergestellt

P2004,0009

werden können. Darüber hinaus weisen sie eine geringe Einfügedämpfung auf.

Aus US 5 686 873 ist ein monolithischer Duplexer bekannt. Dort ist ein einziger Keramikkörper vorgesehen, in welchem ein Sendezweig (TX Pfad) und ein Empfangszweig (RX Pfad) aus jeweils mehreren gekoppelten Resonatoren angeordnet ist. Der Vorteil eines solchen monolithischen Duplexers liegt in dessen Herstellung: es braucht nur ein Keramikkörper in einem Stück gepreßt zu werden, was die Fertigung erheblich gegenüber der Herstellung von zwei Keramikkörpern vereinfacht.

In bekannten Mikrowellenkeramikduplexern sind die einzelnen Signalpfade von RX-Pfad und TX-Pfad unbalanced aufgebaut, so daß jeder Ein- und Ausgang single-ended ausgeführt ist. Von Seiten der Chip- und Telefonhersteller gibt es jedoch bereits Anforderungen, den RX-Pfad für zukünftige UMTS-Systeme bereits ab dem Duplexer Balanced auszuführen. Für einen solchen symmetrischen Ausgang sind zwei Anschlüsse erforderlich, an denen zwei Signale mit gegensätzlicher Polarität, also mit idealerweise  $180^\circ$  Phasenverschiebung abgegriffen werden können. Solche Balanced-Ausgänge sind besonders einfach modernen Verstärkern für das RX-Signal zuzuführen.

Ein Balanced-Ausgangssignal kann von einem Mikrowellenkeramikduplexer nicht geliefert werden, ohne das Bauelement zu vergrößern und zusätzliche Bohrungen vorzusehen. In der Regel erfordert dies einen externen Balun, während andere Filtertechniken, wie SAW-Filter und -Duplexer die Balun-Funktionalität integriert im Filteraufbau enthalten können.

Mikrowellenkeramikduplexer weisen bei einer gegenüber SAW-Filtern größeren Bauweise eine im Gegensatz zu diesen äußerst

P2004,0009

geringe Einfügedämpfung und eine gute elektrische und akustische Anpassung auf. Die geringe Eindämpfung ist insbesondere für UMTS-Systeme bezüglich der möglichen Verlängerung der Betriebsdauer des Akkus besonders interessant. Die Kombination eines MWK-Duplexers mit einem separaten Balun führt auf einer Platine entweder zu einer höheren benötigten Grundfläche oder zu einem Überschreiten der zulässigen Bauteilgesamthöhe, die sich momentan an MWK-Duplexern ohne Balun orientiert. Eine entsprechende Reduktion der Bauhöhe des Duplexers hat jedoch eine erhebliche Einbuße der Performance und insbesondere eine Erhöhung der Einfügedämpfung in beiden Zweigen zur Folge.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Duplexer mit Balun-Funktionalität anzugeben, der sich bei gleicher Grundfläche gegenüber einem Duplexer ohne Balun mit niedrigerer Bauhöhe ausführen lässt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Duplexer nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung schlägt einen Duplexer vor, der unverändert ein RX-Filter(Eingangsfilter), ein TX-Filter (Ausgangsfilter) und eine zwischen den beiden Filtern geschaltete Leitung umfaßt, die eine Entkopplungs- bzw. eine Verzögerungsleitung oder beides sein kann. Beide Filter sind in einem gemeinsamen Keramikkörper als Mikrowellenresonatoren in Form von durchgehenden innenmetallisierten Bohrungen ausgebildet. Mit einigen Ausnahmen, z.B. einer Stirnfläche und Aussparungen für die Kontakte auf der Unterseite, weist der Keramikkörper eine weitgehend geschlossene Außenmetallisierung auf, die an der der offenen Stirnseite gegenüber liegenden Kurzschlußseite mit den metallisierten Bohrungen galvanisch kontaktiert ist.

P2004,0009

Im Bereich des RX-Filters weist der Keramikkörper eine geringere Bauhöhe als im Bereich des TX-Filters auf und ist dort fest mit einem Balun verbunden, so daß vorzugsweise die gesamte Bauhöhe aus RX-Filter plus Balun ungefähr gleich der Bauhöhe des TX-Filters ist. Auf diese Weise wird ein Duplexer in Form eines einzigen Bauelements erhalten, das Balun-Funktionalität aufweist. Der Duplexer weist eine kompakte Bauform auf, die in ihren äußereren Abmessungen vorzugsweise nicht gegenüber einem bekannten monolithischen Duplexer ohne Balun erhöht ist. Der RX-Ausgang des Duplexers ist mit dem Balun verbunden, welcher wiederum zur Bereitstellung eines symmetrischen Signals zwei RX-Ausgänge aufweist.

Die Erfindung profitiert von der vorteilhaft geringen Einfügedämpfung von Mikrowellenkeramikfiltern, die ohne Balun und in ursprünglicher Bauhöhe noch einen großen Sicherheitsabstand zur Spezifikationsgrenze aufweist. Daher ist es möglich, die Bauhöhe des RX-Filters zu reduzieren, wobei die damit einhergehende Verschlechterung der Einfügedämpfung immer noch ausreichend ist, die für das Kommunikationssystem geforderte Spezifikation zu erfüllen. Da nur das RX-Filter in der Bauhöhe reduziert ist, bleibt das TX-Filter unverändert und weist eine unverändert gute Einfügedämpfung auf.

Der Balun ist in einer LTCC (Low Temperature Co-Fired Ceramics) realisiert und kann daher eine äußerst geringe Bauhöhe von zirka 0,3 bis 0,4 mm realisiert werden. Es sind dazu z.B. nur fünf dielektrische Keramiklagen ausreichend. Ein solcher an sich bekannter Balun (z.B. ein Marchand Balun in koplanarer Bauweise) ist auch mit einer Grundfläche realisierbar, die kleiner ist als die für das RX-Filter benötigte Fläche. Ein solcher kann erfindungsgemäß bei einem Duplexer eingesetzt werden, der eine unreduzierte Bauhöhe von 1,3 bis 2,5

P2004,0009

mm aufweist. Im Bereich des Rx Filters wird die Höhe des Keramikkörper dann um die für den Balun benötigten 0,3 bis 0,4 mm auf 0,9 bis 2,2 mm reduziert.

Vorzugsweise ist der Balun in einer Ausnehmung an der Unterseite des Duplexers im Bereich des RX-Filters angeordnet. Die Tiefe der Ausnehmung entspricht dabei annähernd der Höhe des Balun, so daß ein kompakter Duplexer mit quaderförmigem Aufbau und einheitlicher Bauhöhe erhalten wird. Der Balun ist fest mit dem Keramikkörper verbunden, so daß der Duplexer als einstückiges Bauelement gehandhabt werden kann.

Möglich ist es jedoch auch, einen Balun mit noch geringerer Grundfläche zu verwenden und die Ausnehmung an der Unterseite des RX-Filters vorteilhaft in der Nähe der nicht mit Metallisierung versehenen Stirnfläche anzuordnen. An der Kurzschlußseite, an der die Resonatorbohrungen mit der Außenmetallisierung verbunden sind, weist das RX-Filter die ursprüngliche Bauhöhe auf. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß damit eine geringere Güteeinbuße verbunden ist und die elektrischen Eigenschaften des RX-Pfades annähernd erhalten bleiben.

Die Anordnung des Balun auf der Unterseite des Keramikkörpers hat den Vorteil, daß er dort mit den ebenfalls untenliegenden Anschlußflächen des RX-Filters, insbesondere mit dem RX-Ausgang in einfacher Weise verbunden werden kann. Die Ausgänge des Balun stehen dann ebenfalls auf der Unterseite des Duplexers zur Verfügung. Dabei ist es möglich, die beiden Anschlußflächen für den symmetrischen Ausgang des Baluns an eine gewünschte Stelle auf der Unterseite zu verlegen, ohne daß dies einen Eingriff in die Filterstruktur erfordert.

Die Verbindung zwischen dem Balun und dem Keramikkörper kann durch Löten oder Kleben erfolgen. In beiden Fällen wird dabei zugleich die elektrische Verbindung zwischen den Anschlußflächen des RX-Filters und dem Balun hergestellt. Dazu sind elektrische und mechanische Verbindungen mit der Anschlußfläche für den RX-Ausgang und - je nach Aufbau des Baluns und des Duplexers - mit der Außenmetallisierung erforderlich, die im Falle einer Verklebung mit Hilfe eines elektrisch leitfähigen Klebstoffs herzustellen ist. Beide Befestigungstechniken erlauben einen ausreichend festen Verbund zwischen Keramikkörper und Balun, so daß ein sicheres Handling des gesamten Duplexers möglich ist.

Jedes der beiden aus RX-Filter und TX-Filter weist zumindest zwei Resonatorbohrungen auf, die insbesondere eine über die Länge der Bohrung variierende und/oder gegeneinander versetzte Querschnittsfläche und/oder Querschnittsform besitzen. Der Querschnitt kann z.B. auf der Kurzschlußseite rund, an der anderen Seite in der Nähe der Stirnfläche dagegen rechteckig sein.

Als Ankoppelstrukturen ausgebildete metallische Strukturen, die vorzugsweise auf der Unterseite des Keramikkörpers angeordnet sind, bilden dabei eine Kapazität zu einer oder mehreren Resonatorbohrungen. Dies bedeutet, daß als Ankoppelstrukturen verwendete metallische Flächen oder Strukturen in der Nähe einer Resonatorbohrung angeordnet sind, aber in definiertem Abstand und galvanisch getrennt zu dieser ausgeführt sind.

Die zumindest zwei koppelnden Resonatoren spannen das Paßband des Filters auf. Eine Beeinflussung der Paßbandflanken kann durch zusätzliche Kopplungsbohrungen erreicht werden, wenn

diese so ausgerichtet werden, daß damit zusätzliche Polstellen im Bereich der Paßbandflanken erzeugt werden. Die genaue Lage der Polstellen oder auch Notche wird durch eine Variation der Innengeometrie der Kopplungsresonatoren erzielt. Die Innengeometrie wird so variiert, daß entweder ein kleinerer oder ein größerer Abstand zu einer der das Filter bildenden Bohrungen entsteht. Kopplungsbohrungen für das RX-Filter weisen an der unmetallisierten Stirnfläche meist einen kleinen, an der Kurzschlußseite jedoch einen größeren Abstand zu den Resonatoren auf, während diese Verhältnisse beim TX-Filter in der Regel umgekehrt sind. Das wird mit einem über die Länge der Bohrung variiierenden und versetzten Querschnitt der Kopplungsbohrung erreicht.

Zusätzlich zu den Anschlussflächen, die Ankoppelkapazitäten ausbilden, können in einem - in dieser Ausführungsform in einem einzigen Grundkörper ausgebildeten - Duplexer zusätzliche metallische Strukturen zur Entkopplung der beiden Filter (Send- bzw. Empfangsfilter) vorgesehen sein. Auch diese metallischen Entkopplungs-Strukturen können wie die genannten Ankoppelstrukturen als metallisierte Vertiefungen in der Stirnfläche ausgebildet sein. Sie können galvanisch isoliert oder mit den metallisierten Bohrungen (Resonatorbohrungen) eines der beiden Filter verbunden sein. Die Entkoppelstrukturen dienen dazu, die Eingangsimpedanz eines Filters zu beeinflussen und somit die Phasenlage in geeigneter Weise zu verändern und so eine Entkopplung der beiden Pfade zu erreichen. Dadurch gelingt es, daß sich die Signale des Empfangs- und Sendepfads in den beiden Durchlassbereichen nicht mehr gegenseitig beeinflussen. Die Entkopplungsstrukturen können an beiden Filtern angebracht werden.

P2004,0009

Während die Resonatorbohrung eines erfindungsgemäßen Filters in der Regel über die gesamte Höhe des Grundkörpers verläuft, reicht die Vertiefung für die erfindungsgemäßen metallischen Strukturen nur bis eine Tiefe, die zirka 2 bis 20 % der gesamten Höhe des Grundkörpers aufweist. Ein Duplexer für im Mobilfunk verwendete Frequenzen im GHz-Bereich kann daher metallisierte Vertiefungen in der Stirnfläche aufweisen, die eine Tiefe von 0,1 bis 1 mm besitzen. Die Tiefe der Vertiefungen in der Stirnfläche, die die räumliche Dimension der Ankoppelkapazität darstellt, lässt sich in einfacher Weise bei erfindungsgemäßen Filtern für die Einstellung der Größe der Ankoppelkapazitäten ausnutzen. Mit größerer Tiefe der Vertiefungen lässt sich eine höhere Kapazität einstellen. Bei ansonsten gleichbleibendem Flächenbedarf, bezogen auf die Stirnseite, weist eine erfindungsgemäß in Vertiefungen angeordnete Metallisierung (metallische Struktur) eine entsprechend höhere Kapazität auf, bzw. bildet eine entsprechend höhere Kapazität zu den Resonatorbohrungen aus.

Zum Entkoppeln und zum besseren Trennen von RX- und TX-Filter kann am Antennenein- bzw. -ausgang eine Verzögerungsleitung vorgesehen werden. Da die Antenne sowohl mit dem Eingang des RX-Filters als auch mit dem Ausgang des TX-Filters kapazitiv verbunden ist, wird so sichergestellt, daß RX-Filter und TX-Filter einander in den Durchlassbereichen wenig beeinflussen und Signale, die aus dem TX-Pfad in das RX-Filter im Sperrbereich hineinkoppeln noch stärker gedämpft werden als beim Einzelfilter. Eine solcher Verzögerungsleitung kann beispielsweise eine elektrische Verbindung zwischen dem Antennenanschluß und der Außenmetallisierung sein, die eine geeignete, der gewünschten Phasendrehung entsprechende elektrische Länge aufweist.

P2004,0009

Möglich ist es beispielsweise, eine solche Verzögerungsleitung in Form von einer Entkopplungsbohrung im Keramikkörper zwischen den beiden jeweils innersten, einander benachbarten Resonatoren vom RX- und TX-Filter vorzusehen. Diese Entkopplungsbohrung wird auf der einen Seite mit der Außenmetallisierung, auf der anderen Seite mit der Anschlußfläche für den Antennenein- und -ausgang verbunden. Die Verbindung der Entkopplungsbohrung mit der Außenmetallisierung kann auf der Kurzschlußseite erfolgen. Möglich ist es jedoch auch, für die Entkopplungsbohrung im Bereich der Kurzschlußseite eine kapazitive Anschlußfläche vorzusehen und die andere Seite der Entkopplungsbohrung an der von Metallisierung weitgehend freien Stirnfläche mit der Außenmetallisierung galvanisch zu verbinden.

In weiterer Ausgestaltung kann ein erfindungsgemäßer Duplexer zumindest an den Kanten der Stirnfläche zur Unterseite des eine Fase aufweisen oder in Form einer zusätzlichen Stufe zur Unterseite hin abfallen. Vorzugsweise sind dann die kapazitiven Anschlußflächen so gelegt, daß sie sich über diese Fase oder Stufe erstrecken. Dies gewährleistet, daß die Anschlußflächen so einen besseren Halt auf den Keramikkörper besitzen und daß in der Folge auch die an den Anschlußflächen vorzunehmenden Lötverbindungen ebenfalls fest am Keramikkörper anhaften.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen in schematischer Darstellung verschiedene Ansichten erfindungsgemäßer Duplexer. Zum besseren Verständnis der Erfindung sind sie nicht maßstabsgerecht ausgeführt. Gleiche Elemente in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

P2004,0009

Figur 1 zeigt einen an sich bekannten Duplexer in räumlicher Darstellung schräg von vorne unten

Figur 2 zeigt einen erfindungsgemäßen Duplexer von vorne

Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Duplexer von unten

Figur 4 zeigt einen weiteren Duplexer von unten mit veränderten Anschlußpositionen

Figur 5 zeigt einen Duplexer mit kleinerem Balun von unten

Figur 6 zeigt einen Duplexer mit verlagertem Antennenschluß von unten

Figur 7 zeigt einen Duplexer mit einer Fase

Figur 8 zeigt einen Duplexer mit einer Stufe.

Figur 1 zeigt einen an sich bekannten monolithischen Duplexer, der in Form von Mikrowellenresonatoren in einem gemeinsamen Keramikkörper realisiert ist. Der Keramikkörper weist durch den gesamten Körper durchgehende Bohrungen auf, die innen metallisiert sind. In der dargestellten Ausführung bilden 3 Bohrungen RT ein TX-Filter und 3 Bohrungen RR ein RX-Filter. Die Bohrungen münden auf der unmetallisierten Stirnfläche des Keramikkörpers. Auf der Unterseite des Keramikkörpers sind metallische Anschlußflächen ausgebildet, die kapazitiv mit den durch die metallisierten Bohrungen realisierten Resonatoren RT, RR koppeln können, ohne daß sie galvanisch mit diesen verbunden sind. Für den Duplexer sind insgesamt nur 3 kapazitiv koppelnde elektrische Anschlußflächen vorge-

sehen, eine für den Eingang TX\_IN des TX-Zweiges, eine Anschlußfläche RX-OUT für den Ausgang des RX-Zweigs und eine Anschlußfläche ANT für die Antenne, der gleichzeitig dem der Eingang des RX-Zweiges und dem Ausgang des TX-Zweiges entspricht. Durch isolierte Bereiche IB von den Anschlußflächen getrennt ist auf allen Oberflächen des Keramikkörpers mit Ausnahme der Stirnfläche eine Außenmetallisierung AM aufgebracht. Diese ist auf der Kurzschlußseite mit den metallisierten Bohrungen galvanisch verbunden. An der Kante der Stirnfläche zur Unterseite ist hier eine zusätzliche Stufe ausgebildet. Die Metallisierung aller drei Anschlußflächen ist über diese Stufe geführt. Die Metallisierung für die Anschlußflächen TX-IN und RX-OUT ist außerdem um eine seitliche Kante herum auf die jeweiligen Seitenflächen herumgeführt. Auch dies verbessert die Haftung der Anschlußflächen und erlaubt es zusätzlich, den Duplexer alternativ oder zusätzlich von der Seite her zu verlöten und elektrisch anzuschließen. Da das Paßband des RX-Filters bei einer höheren Frequenz als das Paßband des TX-Filters liegt, ist der Keramikkörper im Bereich des RX-Filters im allgemeinen kürzer ausgebildet ist, kann durch entsprechende Gestaltung der Bohrungen aber auch auf die gleiche Länge gebracht werden. Breite und Höhe der Einzelfilter sind dagegen in Duplexer einheitlich.

Figur 2 zeigt nun einen erfindungsgemäßen Duplexer in der Draufsicht auf die Stirnfläche. Auch hier liegt ein gemeinsamer Keramikkörper vor, in dem innenmetallisierte Bohrungen RT für die Resonatoren des TX-Filters und Bohrungen RR für die Resonatoren des RX-Filters ausgeführt sind. Im Bereich des in der Darstellung links angeordneten RX-Filters ist die Höhe  $h_R$  gegenüber der Höhe  $h_T$  reduziert. Dieser Bereich stellt eine Ausnehmung dar, in der ein Balun BN angeordnet ist. Dieser

ist in einer LTCC-Keramik realisiert und weist eine Bauhöhe  $h_B$  auf, die vorteilhaft der Tiefe der Ausnehmung entspricht. Daher gilt:  $h_T = h_R + h_B$ . Vorzugsweise ist die Fläche der Ausnehmung so gestaltet, daß sie zur kompletten Aufnahme des Balun BN geeignet ist.

Der Balun weist auf seiner obersten dielektrischen Lage elektrische Kontakte auf, die mit der kapazitiven Anschlußfläche RX-OUT<sub>s</sub> des Keramikkörpers bzw. des RX Filters deckungsgleich angeordnet ist. Eine weitere Kontaktfläche auf der Oberseite des Balun BN stellt einen Kontakt zur Außenmetallisierung AM des Duplexers her, die in der Schaltungsumgebung üblicherweise mit Masse verbunden wird. Auf der Unterseite weist der Balun BN zwei elektrische Ausgänge RX-OUT<sub>b</sub> auf, die vorzugsweise auf gleicher Höhe wie der Eingang TX-IN des TX-Filters angeordnet sind. In weiterer Ausgestaltung weist der in Figur 2 dargestellte Duplexer noch eine Entkopplungsbohrung EB auf, die wie oben bereits erwähnt, an einer Seite mit der Außenmetallisierung AM, auf der anderen Seite dagegen mit dem Anschluß für die Antenne ANT verbunden ist.

Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Duplexer von der Unterseite und vor allem die Lage der dort vorgesehenen elektrischen Anschlußflächen des Duplexers. Der Balun BN erstreckt sich über die gesamte Länge  $L_R$  des RX-Filters und ist vollständig in die Ausnehmung eingepaßt. In der dargestellten Ausführung sind die Ausgänge RX-OUT<sub>b</sub> des Balun, die gleichzeitig die RX-Ausgänge des erfindungsgemäßen Bauelements darstellen, in der Nähe oder direkt anschließend an die Kante zur Stirnfläche angeordnet. Ebenfalls in der Nähe oder direkt angrenzend und vorzugsweise um die Kante zur Seitenfläche herum gelegt ist der Eingang TX-IN des TX-Filters vorgesehen. Der Antennenanschluß ANT ist in dieser

Ausführung in der Nähe oder direkt angrenzend an die Kante zur Rückseite des Duplexers, angeordnet, die der Stirnseite des Duplexers gegenüberliegt. Auf der übrigen Oberfläche des Balun BN liegt die Oberfläche der (in Normalansicht) untersten dielektrischen Lage. Diese kann teilweise metallisiert sein - aber isoliert von den Ausgängen RX-OUT<sub>b</sub> - um elektrisch bzw. mechanisch eine bessere Anbindung an die Platine zu erreichen, auf die der Duplexer üblicherweise aufgelötet wird. Auf der übrigen vom Balun unbedeckten Unterseite des Keramikkörpers ist die Außenmetallisierung des Duplexers angeordnet, die über die isolierende Bereiche IB galvanisch von den kapazitiven Anschlußflächen TX-IN und ANT getrennt ist.

Figur 4 zeigt eine demgegenüber unterschiedliche Anordnung der Ausgänge RX-OUT<sub>b</sub> des Balun BN. Die beiden Anschlußflächen sind direkt angrenzend oder in der Nähe der Kante zwischen Unterseite und linker Seitenfläche angeordnet. Die Anschlußflächen ANT für die Antenne und TX-IN bleiben gegenüber der Ausführung in Figur 3 unverändert.

Figur 6 zeigt eine weitere Variation der Lage der Anschlußflächen, bei der gegenüber der Figur 4 lediglich die Anschlußfläche ANT für die Antenne vertauscht und ist nun im Bereich der Kante zwischen Stirnfläche und Unterseite angeordnet.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausgestaltung der Erfindung mit einem Balun BN mit kleinerer Grundfläche. Dieser weist eine Länge L<sub>B</sub> auf, die geringer ist als die Länge L<sub>R</sub> des RX-Filters. Der Balun ist direkt benachbart zur Stirnfläche angeordnet. Dies hat zur Folge, daß die Höhe h<sub>R</sub> des Keramikkörpers im Bereich der Kurzschlußseite des RX-Filters gleich der

ursprünglichen Höhe und gleich der Höhe  $h_T$  des Keramikkörpers im Bereich des TX-Filters ist:  $h_T = h_R$ . Ein solcher Duplexer mit verkleinertem Balun bzw. mit auf der Kurzschlußseite des Filter unveränderter Höhe ( $h_R = h_T$ ) des Keramikkörpers auf der Seite des RX-Filters weist gegenüber den Ausführungsbeispielen gemäß der Figuren 3, 4 und 6 verbesserte elektrische Werte für das RX-Filter auf.

Selbstverständlich können die Anschlüsse RX-OUT und TX-IN auch spiegelverkehrt zu den in den Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen oder ganz anders angeordnet sein. Das gleiche gilt für die Lage des Antennenanschlusses Ant.

Figur 7 zeigt ausschnittsweise einen erfindungsgemäßen Duplexer mit einer weiteren Ausgestaltung im Bereich der Kanten zwischen Stirnfläche SF und Unterseite. Dort ist die ursprünglich rechtwinklige Kante durch eine Fase F ersetzt, in der der Keramikkörper abgeschrägt ist. Vorzugsweise erstrecken sich die kapazitiven Anschlußflächen für das Filter von der Unterseite des Keramikkörpers bis über die Fase F. Die Figur 7 zeigt außerdem eine weitere mögliche Ausgestaltung der Erfindung, bei der sich die Anschlußfläche AF auch über Teile der Seitenfläche SEF erstreckt. Dementsprechend erstreckt sich auch der isolierende Bereich IB bis auf die Seitenfläche und trennt auch dort galvanisch die Anschlußfläche AF und die Außenmetallisierung AM.

Figur 8 zeigt eine weitere Ausführungsmöglichkeit für die Kantengestaltung eines erfindungsgemäßen Duplexers. Im Bereich der Kante zwischen Seitenfläche SEF und Unterseite US weist der Keramikkörpers eine Stufe S auf. Vorzugsweise sind sämtliche Anschlußflächen AF, von denen in der Figur noch ei-

P2004,0009

ne außenstehende gezeigt ist, sowohl über die Unterseite als auch über beide Stufenflächen gezogen. Dies bewirkt eine verbesserte Haftung der Anschlußfläche, die für die dargestellte Anschlußfläche AF außerdem noch durch das Herumführen auf Teile der Seitenfläche SF verstärkt ist.

Ein erfindungsgemäßer Duplexer mit in die Außenabmessungen des Keramikkörpers integriertem Balun weist eine Einfügedämpfung des RX-Pfades auf, die zwar gegenüber einem Duplexer ohne Balun erhöht, jedoch immer noch gleich oder kleiner einer vergleichbaren Lösung mit z.B. einem Fbar oder einem SAW Filter ist. Die Einfügedämpfung des TX-Pfades bleibt weiterhin vorteilhaft gering. Die Erfindung bietet die Möglichkeit, den symmetrischen Ausgang RX-OUT<sub>S</sub> am Balun weitgehend unabhängig vom RX-Filter anzurufen, ohne dass dies Auswirkungen auf die elektrischen Eigenschaften des Filters und damit des Duplexers hat. Vorteilhaft ist auch der insgesamt flache Aufbau des Duplexers, der gegenüber einem herkömmlichen Duplexer ohne Balun nicht erhöht ist. Das Bauelement ist einstückig, kompakt und gut handhabbar. Der Balun am Ausgang des RX-Pfades ermöglicht eine einfache Impedanzanpassung des unsymmetrischen Ausgangs des RX-Filters zur Antenne. Die Ausgänge RX-OUT<sub>B</sub> des Baluns können an einen von 50 Ω abweichenden Wert angepaßt sein. Darüber hinaus kann die Anpassung des RX-OUT des Duplexers und des RX-IN des Balun frei in einem für beide Einzelbauelemente günstigen Bereich und z.B. ungleich 50 Ohm gewählt werden. Der Balun am Ausgang des RX-Pfads erhält weiterhin die gute Leistungsverträglichkeit des Duplexers von mehr als 33 dBm.

Darüber hinaus ist es möglich, in die LTCC-Keramik des Baluns weitere Funktionen und Bauelemente zu integrieren. Möglich ist es z.B., weitere LC-Glieder zur Ausbildung zusätzlicher

P2004,0009

Polstellen oder Notche zu integrieren. Damit gelingt es, bestimmte Frequenzen besser zu unterdrücken, ohne daß dadurch die Einfügedämpfung wesentlich ansteigt oder dass sich die äußereren Abmessungen des Duplexers vergrößern.

P2004,0009

**Patentansprüche****1. Duplexer,**

- umfassend ein Rx Filter, ein Tx Filter und eine Entkopplungs- und/oder Verzögerungsleitung,
- bei dem beide Filter in einem gemeinsamen Keramikkörper als MW-Resonatoren in Form von durchgehenden, innen metallisierten Bohrungen ausgebildet sind,
- wobei der Keramikkörper mit Ausnahme einer Stirnfläche und Aussparungen auf der Unterseite eine weitgehend geschlossene Außenmetallisierung aufweist,
- bei dem der an der Unterseite gelegene Ausgang des Rx Filters mit einem Balun verbunden ist, der in einer LTCC Keramik realisiert und unter dem Rx Filter angeordnet ist, wobei der Keramikkörper im Bereich des Rx Filters eine geringere Höhe aufweist als das Tx Filter.

**2. Duplexer nach Anspruch 1,**

bei dem der Keramikkörper unter dem Rx Filter eine Ausnehmung aufweist und der BALUN in der Ausnehmung angeordnet ist.

**3. Duplexer nach Anspruch 2,**

bei dem die Höhe der Ausnehmung annähernd der Höhe des Balun entspricht, so dass der Duplexer mit dem Balun zusammen eine einheitliche Bauhöhe aufweist.

**4. Duplexer nach einem der Ansprüche 2 oder 3,**

bei dem die Ausnehmung mit dem Balun im Bereich der nicht metallisierten Stirnfläche des Keramikkörpers angeordnet ist und bei dem das Rx Filter an der dieser Stirnfläche gegenüberliegenden Seite die ursprüngliche und dem Tx Filter entsprechende Bauhöhe aufweist.

5. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
bei dem zwischen dem Rx Filter und dem Tx Filter eine innen metallisierte Bohrung angeordnet ist, die an einem Ende galvanisch mit der Außenmetallisierung und am anderen Ende mit einem Antennenanschluss verbunden ist.
6. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem jedes Filter zwei MW-Resonatoren und dazwischen jeweils zumindest einen Entkopplungsresonator aufweist.
7. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
bei dem der Balun mit dem Keramikkörper verlötet und mit zumindest einem der Anschlüsse des Duplexers elektrisch leitend verbunden ist.
8. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
bei dem der Balun mit dem Keramikkörper mit Hilfe eines elektrisch leitenden Klebstoffs so verklebt ist, dass er mit zumindest einem der Anschlüsse des Duplexers elektrisch leitend verbunden ist.
9. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem die Höhe des Balun 0,3 bis 0,4 mm beträgt und diese Höhe ungefähr dem Höhenunterschied zwischen dem Rx Filter und dem Tx Filter entspricht.
10. Duplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
bei dem die Kante zwischen der Stirnfläche und der Unterseite des Duplexers eine Stufe oder eine Fase aufweist und bei dem die Anschlussflächen für den Duplexer sich über die Stufe oder Fase erstrecken.

P2004,0009

**Zusammenfassung****Duplexer mit niedriger Bauhöhe**

Es wird vorgeschlagen, einen in LTCC-Bauweise realisierten Balun so in den Mikrowellen-Keramikkörper eines Duplexers einzubauen, daß die Gesamtbauhöhe des Duplexers nicht erhöht wird. Dazu wird die Höhe des Keramikkörpers im Bereich des RX-Filters auf einer Fläche reduziert, die der Größe des LTCC-Baluns entspricht. Bei unveränderten Eigenschaften des TX-Filters wird so ein kompaktes Bauelement erhalten, welches ohne Volumenvergrößerung für den RX-Pfad ein symmetrisches Ausgangssignal liefern kann.

**Signifikante Figur: 2**